

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-229392

(P2003-229392A)

(43) 公開日 平成15年8月15日 (2003.8.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 P 5 F 0 3 2
21/02		21/02	B 5 F 0 4 3
21/308		21/308	B
21/762		27/12	B
27/12			E

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-306689 (P2002-306689)  
(22) 出願日 平成14年10月22日 (2002. 10. 22)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-362417 (P2001-362417)  
(32) 優先日 平成13年11月28日 (2001. 11. 28)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000190149  
信越半導体株式会社  
東京都千代田区丸の内1丁目4番2号  
(71) 出願人 591037498  
長野電子工業株式会社  
長野県更埴市大字屋代1393番地  
(72) 発明者 飯塚 直人  
福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平  
150 信越半導体株式会社半導体白河研究  
所内  
(74) 代理人 100102532  
弁理士 好宮 幹夫

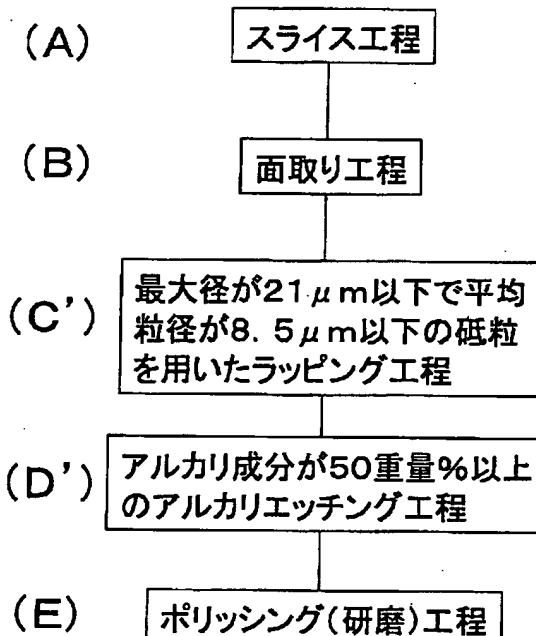
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコンウエーハの製造方法及びシリコンウエーハ並びにSOIウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 ウエーハの表面粗さ及びウエーハ全体の平坦度の悪化を防止することができるシリコンウエーハの製造方法及びその製造方法で作製されたシリコンウエーハを提供する。

【解決手段】 少なくとも遊離砥粒によるラッピング工程、アルカリエッチング液によるエッチング工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、前記ラッピング工程において遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が $21\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が $8.5\mu\text{m}$ 以下のものを用いてラッピングを行い、その後、前記エッチング工程においてアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法、及びその製造方法で作製されたシリコンウエーハ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも遊離砥粒によるラッピング工程、アルカリエッチング液によるエッチング工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、前記ラッピング工程において遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下のものを用いてラッピングを行い、その後、前記エッチング工程においてアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

【請求項2】 前記アルカリ水溶液のアルカリ成分が、水酸化ナトリウムであることを特徴とする請求項1に記載のシリコンウエーハの製造方法。

【請求項3】 前記アルカリ水溶液の液温を、80℃～300℃の範囲内に制御してエッチングを行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のシリコンウエーハの製造方法。

【請求項4】 前記遊離砥粒としてアルミナ系微粉研磨材を用いることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載のシリコンウエーハの製造方法。

【請求項5】 前記アルミナ系微粉研磨材がアルミナ質砥粒とジルコン質砥粒が混合された人造エメリー研磨材であることを特徴とする請求項4に記載のシリコンウエーハの製造方法。

【請求項6】 前記アルカリ水溶液のアルカリ成分の濃度を70重量%以下とすることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか一項に記載のシリコンウエーハの製造方法。

【請求項7】 請求項1ないし請求項6のいずれか一項に記載した方法によって製造されたことを特徴とするシリコンウエーハ。

【請求項8】 両面にエッチング面を有するシリコンウエーハであって、前記エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最小値(ダレ)の絶対値が0.2  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするシリコンウエーハ。

【請求項9】 前記エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、前記基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最大値(ハネ)の絶対値が0.2  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項8に記載のシリコンウエーハ。

【請求項10】 前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、該シリコンウエーハのエッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有することを特徴とする請求項8または請求項9に記載のシリコンウエーハ。

【請求項11】 前記エッチピットのサイズの平均値が6  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項10に記載の

シリコンウエーハ。

【請求項12】 前記シリコンウエーハにおいて導電型がp型、抵抗率が0.01  $\Omega \cdot \text{cm}$ 以下、面方位が(100)であり、該シリコンウエーハのエッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有することを特徴とする請求項8または請求項9に記載のシリコンウエーハ。

【請求項13】 前記エッチピットのサイズの平均値が7  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項12に記載のシリコンウエーハ。

【請求項14】 前記エッチング面におけるウエーハ中心側の領域でのウエーハ面の厚さ変位のバラツキ(うねり)の平均値が0.04  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項8ないし請求項13のいずれか一項に記載のシリコンウエーハ。

【請求項15】 請求項8ないし請求項14のいずれか一項に記載のシリコンウエーハの少なくとも一方のエッチング面を鏡面研磨したものであることを特徴とするシリコンウエーハ。

【請求項16】 前記シリコンウエーハの鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最小値(ダレ)の絶対値が0.5  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項15に記載のシリコンウエーハ。

【請求項17】 前記鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最大値(ハネ)の絶対値が0.07  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項15または請求項16に記載のシリコンウエーハ。

【請求項18】 請求項15ないし請求項17のいずれか一項に記載のシリコンウエーハの鏡面研磨面側に、絶縁膜とSOI層とが順次積層された構造を有しているものであることを特徴とするSOIウエーハ。

【請求項19】 少なくとも一方の主表面にエッチング面を有するシリコンウエーハであって、前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、前記エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、該エッチピットのサイズの平均値が6  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするシリコンウエーハ。

【請求項20】 少なくとも一方の主表面にエッチング面を有し、導電型がp型で抵抗率が0.01  $\Omega \cdot \text{cm}$ 以下であるシリコンウエーハであって、前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、前記エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、該エッチピットのサイズ

10

20

30

40

50

の平均値が7  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするシリコンウエーハ。

【請求項21】 前記エッチング面におけるウエーハ中心側の領域でのウエーハ面の厚さ変位のバラツキ（うねり）の平均値が0.04  $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項19または請求項20に記載のシリコンウエーハ。

【請求項22】 前記エッチング面の反対側の主表面が鏡面研磨面であることを特徴とする請求項19ないし請求項21のいずれか一項に記載のシリコンウエーハ。

【請求項23】 請求項22に記載のシリコンウエーハの鏡面研磨面側に、絶縁膜とSOI層とが順次積層された構造を有しているものであることを特徴とするSOIウエーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シリコンウエーハの製造工程において生じる発塵及び平坦度の悪化を防止することのできるシリコンウエーハの製造方法に関するものである。特に、ラッピング工程及びエッチング工程に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ICやLSI等の集積回路やトランジスタやダイオード等の個別半導体素子に用いられるシリコンウエーハを製造する場合には、例えば、図7に示すような製造工程に従って行われる。チョクラスキー法（CZ法）や浮遊帯域法（FZ法）等によって成長させたシリコンインゴットは、まず、スライス工程

（A）において内周刃切断機やワイヤーソー等を用いてウエーハ状にスライスされる。次いで、ウエーハ側面の欠け等を防止するために、（B）の面取り工程においてウエーハ周辺部を面取り加工した後、（C）のラッピング工程において平坦度を向上させるためにウエーハ表面に遊離砥粒によるラッピング加工が施される。その後、エッチング工程（D）において、上記工程によりウエーハに生じた加工歪を除去するため湿式エッチングが施される。このエッチング工程の後に、ウエーハ表面の一方または両方の面を鏡面研磨するポリッシング（研磨）工程（E）を経ることにより、鏡面シリコンウエーハが製造される。

【0003】一般に、ラッピング工程に用いられる砥粒としては、主としてアルミナ系微粉研磨材が使用されている。その中でも、現在、シリコンウエーハ等の半導体結晶のラッピング材としては、株式会社フジミインコーポレーテッド製のFO砥粒が使われており、日本国内においてはほぼ100%に近い使用率を占めている。特に、FO砥粒#1000（最大径：30  $\mu\text{m}$ 以下、平均粒径：14.0～12.0  $\mu\text{m}$ ）、FO砥粒#1200（最大径：25  $\mu\text{m}$ 以下、平均粒径：10.8～9.2  $\mu\text{m}$ ）等の粒度を有するものはシリコンウエーハの面精

度によくマッチすることから多用されている（株式会社サイエンスフォーラム発行 松永正久他編集、エレクトロニクス用結晶材料の精密加工技術 p257-261 参照）。

【0004】また、エッチング工程においては、上述した様にウエーハの製造工程で生じる加工歪を除去するために湿式エッチングが行われている。この湿式エッチングには、例えばフッ酸、硝酸、酢酸等からなる混酸を用いる酸エッチングと、水酸化ナトリウムや水酸化カリウム等のアルカリを用いるアルカリエッチングとがある。

【0005】しかしながら、上記酸エッチングは、混酸を構成する成分の比率を変化させることにより、エッチングレートやエッチング後のウエーハの面状態を制御することが可能であるが、総じてエッチングレートが大きく、ラッピング加工により向上したウエーハの平坦度を劣化させるという問題点がある。

【0006】一方、上記アルカリエッチングは、エッチングレートが遅いことから、ラッピング加工により向上したウエーハの平坦度を維持することができ、エッチング後に、平坦度の良好なウエーハが得られるという利点を有する。近年におけるシリコンウエーハの製造においては、非常に高い平坦度が要求されていることから、このアルカリエッチングが広く用いられるようになってきた。

【0007】従来、アルカリエッチングを行う際、アルカリエッチング液中のアルカリ成分の濃度は、一般に48～50重量%未満であり、50.0重量%を超える濃度のアルカリ水溶液は、アルカリ成分の結晶化が生じる等の問題点があるため、工業的には用いられていなかった。

【0008】ところが、このように一般的に用いられているアルカリエッチング液は、（100）面と（111）面に対するエッチング速度が60～100倍程度異なるといった選択性を有する。したがって、アルカリエッチングはこの選択性のため、エッチング後のウエーハ表面の微細な凹凸が大きくなるという問題がある。

【0009】すなわち、ウエーハ表面の微細な凹凸が大きい（表面粗さが大きい）ということは、例えば、凸部においてはその凸部がデバイス製造工程で欠け、パーティクル発生の原因となるという発塵の問題を引き起こす。さらに、凹部（ピット）においては研磨時の研磨代を大きく取らなければならない、研磨代が大きくなると、ウエーハの平坦度の悪化や研磨工程における生産性の低下を招くという問題が生じる。

【0010】このような問題を解決するために、アルカリエッチングと酸エッチングを組合せてお互いの欠点を解消したエッチング方法がある（特開平11-233485号公報）。このエッチング方法は、アルカリエッチングの後に酸エッチングを行なうことによって、ウエーハの表面粗さを小さくすることができるが、一方酸エ

チングを行う事により平坦度が若干なりとも悪化してしまうことや、工程が増えるなどの問題点がある。

【0011】

【特許文献1】特開平11-233485号公報

【非特許文献1】株式会社サイエンスフォーラム発行  
松永正久他編集、エレクトロニクス用結晶材料の精密加工技術 p257-261

【0012】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、ウエーハの表面粗さ及びウエーハ全体の平坦度の悪化を防止することができるシリコンウエーハの製造方法及びその製造方法で作製された高平坦度のシリコンウエーハを提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、少なくとも遊離砥粒によるラッピング工程、アルカリエッチング液によるエッチング工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、前記ラッピング工程において遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21 $\mu$ m以下で平均粒径が8.5 $\mu$ m以下のものを用いてラッピングを行い、その後、前記エッチング工程においてアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法が提供される（請求項1）。

【0014】このように、シリコンウエーハにラッピング工程を行う際、遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21 $\mu$ m以下で平均粒径が8.5 $\mu$ m以下のものを用いてラッピングを行い、その後、エッチング工程においてアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことにより、エッチング工程後のシリコンウエーハの表面粗さを大きく低減することができ、また平坦度も良好なシリコンウエーハとすることができる。さらに、それによって、その後の研磨工程の取り代を低減できるので、ウエーハの平坦度悪化を防止することができ、また研磨時間の短縮、研磨布や研磨剤の使用量の減少等が期待され、生産性の向上やコストダウンにもつながる。

【0015】この場合、前記アルカリ水溶液のアルカリ成分が、水酸化ナトリウムであることが好ましい（請求項2）。このように、アルカリ水溶液のアルカリ成分が水酸化ナトリウムであることによって、表面粗さを大きく低減することができるという効果をより高く得ることができるとともに、安価であるためコストの低減にも資する。

【0016】さらに、この場合、前記アルカリ水溶液の液温を、80℃～300℃の範囲内に制御してエッチングを行うことが好ましい（請求項3）。このように、アルカリ水溶液の液温を、80℃～300℃の範囲内に制

御してエッチングを行うことにより、アルカリ成分を高濃度にしてもアルカリ成分の結晶化を生じさせることなく、高濃度の溶液の状態でエッチングを行うことができる。例えば、アルカリ成分の濃度が80重量%であれば200℃、90重量%であれば300℃と高温にする。

【0017】このとき、前記遊離砥粒としてアルミナ系微粉研磨材を用いることが好ましく（請求項4）、さらに前記アルミナ系微粉研磨材がアルミナ質砥粒とジルコン質砥粒が混合された人造エメリー研磨材であることが好ましい（請求項5）。このような遊離砥粒として具体的な研磨材を例示すると、株式会社フジミインコーポレーテッド製のF0砥粒がある。上述したように、#1200あるいはより粗いF0砥粒は日本国内においてほぼ100%に近い使用率を占めている。このF0砥粒を従来より高い番手（#1500またはより細かい砥粒）のものを用いてラッピングを行うことによって、ダメージや傷の発生率を低く抑えることができるとともに、効率的に製造を行うことができる。

【0018】また、前記アルカリ水溶液のアルカリ成分の濃度を70重量%以下とすることが好ましい（請求項6）。アルカリ水溶液の濃度は濃ければ濃いほど好ましいが、アルカリ成分の濃度が70重量%以下であれば、液温を80℃～90℃程度と比較的操業しやすい条件で実施でき、更に比重計による濃度のバラツキ管理を行えば、アルカリ水溶液の濃度が安定し、エッチング槽中でアルカリ成分の析出を生じさせることなく実施できる。

【0019】そして、本発明によれば、上記製造方法によって、表面粗さが大きく低減され、かつ良好な平坦度を有するシリコンウエーハを提供することができる（請求項7）。

【0020】また本発明によれば、両面にエッチング面を有するシリコンウエーハであって、前記エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最小値（ダレ）の絶対値が0.2 $\mu$ m以下であることを特徴とするシリコンウエーハが提供される（請求項8）。

【0021】このように、本発明のシリコンウエーハは、エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が0.2 $\mu$ m以下であるものであるため、ウエーハ外周部まで平坦なシリコンウエーハとなり、デバイス作製可能な有効領域が広いシリコンウエーハとすることができる。

【0022】さらに、前記エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、前記基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最大値（ハネ）の絶対値が0.2 $\mu$ m以下であるものとすることができる（請求項9）。本発明のシリコンウ

エーハは、エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が $0.2\mu\text{m}$ 以下であるだけでなく、ハネの絶対値も $0.2\mu\text{m}$ 以下であるものとすることができるため、ウエーハ外周部まで一層平坦なシリコンウエーハとすることができる。

【0023】このとき、前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、該シリコンウエーハのエッチング面には、四辺が結晶方位 $\langle 110 \rangle$ に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有するものとするこ  
10 き（請求項10）、さらには前記エッチピットのサイズの平均値が $6\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
（請求項11）。

【0024】このように、本発明のシリコンウエーハのエッチング面は、略正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、そのエッチピットのサイズは、平均値が $7\mu\text{m}$ 以下、さらには従来のエッチングでは得られなかった $6\mu\text{m}$ 以下と小さいものとするこ  
20 きことができるため、エッチング面の平坦性がより優れたものとするこ  
る。そして、例えば、このようなエッチピットのサイズが小さいエッチング面をドライエッチング等を行う場合のチャック面として使用すれば、チャッキング不良を大幅に低減することができる。さらに、このようにサイズの小さいエッチピットは、エッチング面を鏡面研磨することによって容易に除去できるため、高品質のシリコンウエーハとすることができ、研磨における研磨代を低減することができ、生産性を向上させることも可能である。尚、エッチング面は、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以下の研磨代でわずかに研磨して使用される場合もある。本発明  
30 においては、このような場合も、上記エッチピットが残存している限り本発明で言うエッチング面に含まれるものとする。

【0025】また一方、前記シリコンウエーハにおいて導電型がp型、抵抗率が $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ 以下、面方位が(100)であり、該シリコンウエーハのエッチング面には、四辺が結晶方位 $\langle 110 \rangle$ に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有するものとするこ  
40 き（請求項12）、さらには前記エッチピットのサイズの平均値が $7\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
（請求項13）。

【0026】一般に、シリコンウエーハが低抵抗率を有する場合、特にp型で $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の低抵抗率を有する場合、エッチングレートの低下によりエッチピットのサイズを小さくすることが困難となる。しかしながら、本発明によれば、p型で $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の低抵抗率を有するシリコンウエーハであっても、エッチピットのサイズの平均値が $8\mu\text{m}$ 以下、さらには $7\mu\text{m}$ 以下となるものとするこ  
50 き。したがって、上述のように、エッチング面の平坦性が優れたものとなるため、ドライエッチングの際のチャッキング不良を大幅に

低減することができ、さらにエッチング面を研磨することによって、品質の優れたシリコンウエーハを高生産性で得ることができる。また、このような低抵抗率のシリコンウエーハは、エピタキシャル成長させた場合に、ゲッタリング能力を有するエピタキシャルウエーハとすることができるため、高品質のエピタキシャル用基板として有効に用いることができる。

【0027】また、前記エッチング面におけるウエーハ中心側の領域でのウエーハ面の厚さ変位のバラツキ（うねり）の平均値が $0.04\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
55 き（請求項14）。このように、本発明のシリコンウエーハは、うねりの平均値が $0.04\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
一ハとなる。

【0028】また、本発明によれば、上記本発明のシリコンウエーハの少なくとも一方のエッチング面を鏡面研磨したシリコンウエーハを提供することができる（請求項15）。このように、エッチピットのサイズが小さく、ウエーハ外周部まで平坦なエッチング面を有する本発明のシリコンウエーハを鏡面研磨して得られたシリコンウエーハであれば、平坦度及び表面粗さに優れており、さらにナノトポグラフィーのレベルが極めて高い鏡面研磨シリコンウエーハとなる。

【0029】このとき、前記シリコンウエーハの鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最小値（ダレ）の絶対値が $0.5\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
60 き（請求項16）。

【0030】このように、本発明のシリコンウエーハは、鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が $0.5\mu\text{m}$ 以下となるものであり、ウエーハ外周部まで非常に平坦な高品質の鏡面研磨シリコンウエーハとすることが  
65 できる。

【0031】さらにこのとき、前記鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ウエーハ中心側の領域のウエーハ面の厚さ変位から求めた基準面に対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最大値（ハネ）の絶対値が $0.07\mu\text{m}$ 以下であるものとするこ  
70 き（請求項17）。このように本発明のシリコンウエーハは、鏡面研磨面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が $0.5\mu\text{m}$ 以下であるだけでなく、ハネの絶対値も $0.07\mu\text{m}$ 以下となるものであるため、ウエーハ外周部まで一層高平坦な鏡面研磨シリコンウエーハとなる。

【0032】さらに、本発明によれば、上記の鏡面研磨されたシリコンウエーハの鏡面研磨面側に、絶縁膜とS  
75 OI層とが順次積層された構造を有しているSOIウエ

ーハを提供することができる(請求項18)。

【0033】例えば、本発明の鏡面研磨シリコンウエーハを用いて貼り合わせ法により作製したSOIウエーハであれば、ウエーハ同士を貼り合わせた際にウエーハ外周部が未結合となる未結合幅を極めて小さくすることができるため、ウエーハ外周端近傍までSOI層を有するSOIウエーハとすることができる。また一方、本発明のシリコンウエーハを用いてSIMOX法により作製したSOIウエーハであれば、ウエーハ外周部まで平坦なウエーハとなるため、ウエーハ外周端近傍までデバイス作製が可能な広い有効領域を有するSOIウエーハとすることができる。

【0034】また、本発明によれば、少なくとも一方の主表面にエッチング面を有するシリコンウエーハであって、前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、前記エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、該エッチピットのサイズの平均値が6 $\mu$ m以下であることを特徴とするシリコンウエーハが提供される(請求項19)。

【0035】このように、本発明のシリコンウエーハでは、エッチング面に形成される正方形形状の開口部をなすエッチピットのサイズの平均値が6 $\mu$ m以下と従来では得られなかった極めて小さいものとすることができる。そして、このようにエッチピットのサイズが小さいエッチング面をドライエッチング等を行う場合のチャック面として使用すれば、チャッキング不良を大幅に低減することができる。さらに、サイズの小さいエッチピットは、エッチング面を研磨することによって容易に除去できるため、ナノトポグラフィに優れた高品質のシリコンウエーハとすることができるし、また研磨における研磨代を低減することができるため、生産性を向上させることも可能である。

【0036】さらに、本発明は、少なくとも一方の主表面にエッチング面を有し、導電型がp型で抵抗率が0.01 $\Omega$ ・cm以下であるシリコンウエーハであって、前記シリコンウエーハの面方位が(100)であり、前記エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、該エッチピットのサイズの平均値が7 $\mu$ m以下であることを特徴とするシリコンウエーハも提供する(請求項20)。

【0037】上述のように、一般にp型で0.01 $\Omega$ ・cm以下の低抵抗率を有するシリコンウエーハでは、エッチピットサイズを小さくすることが困難であったが、本発明では、このような低抵抗率のシリコンウエーハであってもエッチピットのサイズの平均値が7 $\mu$ m以下と極めて小さいものとすることができる。このような7 $\mu$ m以下のエッチピットサイズは、従来の低抵抗率ウエーハでは得られなかった大きさである。したがって、上述のように、エッチング面の平坦性が優れたものとなるた

め、ドライエッチングの際のチャッキング不良を大幅に低減することができる。また、このエッチング面を研磨することによって、ナノトポグラフィに優れた高品質のシリコンウエーハとすることができる。さらに、このような低抵抗率のシリコンウエーハは、エピタキシャル成長させた場合に、ゲッタリング能力を有するエピタキシャルウエーハとすることができるため、高品質のエピタキシャル用基板として有効に用いることができる。

【0038】このとき、前記エッチング面におけるウエーハ中心側の領域でのウエーハ面の厚さ変位のバラツキ(うねり)の平均値が0.04 $\mu$ m以下であるものとすることができる(請求項21)。このように、本発明のシリコンウエーハは、うねりの平均値が0.04 $\mu$ m以下であるものとすることができ、極めて平坦なシリコンウエーハとなる。

【0039】この場合、前記エッチング面の反対側の主表面が鏡面研磨面であるものとすることができ(請求項22)、さらにこのシリコンウエーハの鏡面研磨面側に、絶縁膜とSOI層とが順次積層された構造を有しているものとすることができる(請求項23)。

【0040】このように、シリコンウエーハのエッチング面の反対側の主表面が鏡面研磨面であれば、貼り合わせ法やSIMOX法等により、ウエーハの鏡面研磨面側に絶縁膜とSOI層とが順次積層された構造を容易に形成してSOIウエーハとすることができる。そして、このようなSOIウエーハであれば、エッチング面のエッチピットのサイズが上述のように非常に小さいため、エッチング面をチャック面として使用したときにチャッキング不良を大幅に低減できるような非常に高品質のSOIウエーハとなる。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。本発明者等は、アルカリ成分の濃度を50重量%以上にしたアルカリ水溶液を作製し、これをシリコンウエーハのエッチング液として用いてアルカリエッチングを行うことにより、シリコンウエーハの表面粗さが改善されること、さらにアルカリエッチングの前工程で、遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21 $\mu$ m以下で平均粒径が8.5 $\mu$ m以下のものを用いてラッピングを行うことにより、表面粗さや平坦度の悪化を防止する効果が大きいことを見出し本発明を完成させるに至ったものである。

【0042】すなわち、少なくとも遊離砥粒によるラッピング工程、アルカリエッチング液によるエッチング工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、ラッピング工程において遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21 $\mu$ m以下で平均粒径が8.5 $\mu$ m以下のものを用いてラッピングを行い、その後、エッチング工程においてアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が5

0重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことにより、ウエーハの表面粗さを大きく低減させ、また、ウエーハの平坦度も良好なシリコンウエーハを得ることができる。

【0043】このように、ラッピング工程における遊離砥粒を従来よりきめ細かい（番手が高い）ものを用いることによって、加工歪を小さくし、特に深いピットの発生を防止することができる。

【0044】そして、この加工歪の少ないラップドウエーハに対し、アルカリエッチング液中のアルカリ成分の濃度を高くしたエッチング液によりエッチングすれば、シリコンウエーハの表面粗さを大幅に低減させることができる。エッチング液中のアルカリ成分の濃度が50重量%以上のエッチング液を用いてエッチングを行った場合、エッチングスピードは急激に遅くなり、これによりアルカリエッチングの選択性の影響が少なくなる。それにより、均一なエッチングが可能となり、表面粗さの改善が図れ、またピットサイズ及び深さなども小さくすることができる。本発明では、エッチング工程前に行われるラッピング工程において、砥粒の粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下の遊離砥粒を用い処理しているので、均一なエッチングができ、表面粗さが改善され発塵の問題や平坦度の悪化など著しく改善される。

【0045】さらに、このようにエッチング工程後のウエーハの表面粗さが小さければ、ポリッシング工程での研磨代を少なくすることができる。それによって、より高い平坦度のシリコンウエーハを製造する事ができ、また生産性の向上を図ることもできる。

【0046】以下、本発明によるシリコンウエーハの製造方法について、図1を参照しながら詳細に説明する。まず、従来行われているシリコンウエーハの製造方法と同様に、CZ法やFZ法等によって成長させたシリコンインゴットをスライス工程（A）において内周刃切断機やワイヤーソー等を用いて切断し、面取り工程（B）においてウエーハ周辺部を面取り加工する。その後、本発明のシリコンウエーハの製造方法では、ラッピング工程（C'）において、砥粒の粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下の遊離砥粒を用いてラッピングを行い、その後、エッチング工程（D'）において、アルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上の高濃度のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行う。このエッチング工程（D'）の後に、一般にウエーハ表面の一方または両方の面を鏡面研磨するポリッシング（研磨）工程（E）が行われる。すなわち、本発明のシリコンウエーハの製造方法は、特にラッピング工程（C'）とエッチング工程（D'）を改善したものであり、その前後の工程については基本的に従来の工程と同様である。

【0047】ここで、本発明のラッピング工程（C'）

で行われるラッピングの具体的な方法について説明する。図5にラッピング装置の一例を示すが、本発明はこれに限定されるものではなく、所定の粒度の遊離砥粒を用いてラッピングが行えるものであれば良い。

【0048】まず、キャリア2をラッピング装置1のサンギア8とインターナルギア9に噛み合わせ、キャリア2のホルダー内にウエーハ3をセットする。その後、このウエーハ3の両面を上定盤4と下定盤5で挟み込むように保持し、ノズル6から遊離砥粒7を供給するするとともに、サンギア8とインターナルギア9によってキャリア2を遊星運動させ、同時に上定盤4と下定盤5を相対方向に回転させることによって、ウエーハ2の両面を同時にラッピング加工することができる。

【0049】このとき、ノズル6から供給される遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下のものが用いられる。このように、ラッピングを行う際に遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下のものを用いることによって、加工歪を小さくすることができ、エッチング後の表面粗さを低減することができるとともに、特に深いピットの発生を防ぐことができる。

【0050】また、このとき遊離砥粒としてアルミナ系微粉研磨材を用いることが好ましく、さらにアルミナ系微粉研磨材がアルミナ質砥粒とジルコン質砥粒が混合された人造エメリー研磨材であることが好ましい。このように、遊離砥粒としてアルミナ系微粉研磨材、特に、かつ色アルミナ質砥粒とジルコン質砥粒が混合された人造エメリー研磨材を用いることによって、ラッピングの際に引き起こされるウエーハ表面のダメージや傷の発生を低減することができる。

【0051】現在の日本国内において、上記のような人造エメリー研磨材として、#1200あるいはより粗い#1000のFO砥粒（株式会社フジミインコーポレーテッド製）が一般的に用いられている。従って、本発明によるラッピング工程に用いられる遊離砥粒は、粒子の最大径が21  $\mu\text{m}$ 以下で平均粒径が8.5  $\mu\text{m}$ 以下の砥粒であるため、FO砥粒の粒度規格で表すとFO砥粒#1500（最大径：21  $\mu\text{m}$ 、平均径：8.5～7.3  $\mu\text{m}$ ）、またはそれ以上細かい粒度を有するFO砥粒（例えば、FO砥粒#2000（最大径：17  $\mu\text{m}$ 、平均径：6.8～5.8  $\mu\text{m}$ ）、FO砥粒#4000（最大径：11  $\mu\text{m}$ 、平均径：3.4～2.6  $\mu\text{m}$ ）等）であり、この様なFO砥粒を用いてラッピングを行うことが好ましい。

【0052】しかしながら、本発明のシリコンウエーハの製造方法で用いられる遊離砥粒は、上記FO砥粒に制限されるものではなく、例えば日本工業規格（JIS）により定められている粒度規格に基づく、粒度#2500（最大径：22  $\mu\text{m}$ 、平均径：7.1～5.9  $\mu\text{m}$ ）又はこれ以上に細かいアルミナ系砥粒であれば遊離

砥粒として用いることができる。

【0053】また、このとき、遊離砥粒の粒度を細かくすればするほど、エッチング後のウエーハ表面に存在するピットの大きさ及び深さをより小さくすることができて好ましい。しかしながら、一方、砥粒の粒度が細か過ぎると十分にラッピングを行うことができず、また加工時間も要する。したがって、ラッピングの能力等を考慮し、F O砥粒の粒度規格で示すとF O砥粒# 4000程度の砥粒、あるいは日本工業規格で示すと粒度# 6000程度の砥粒より粗い砥粒であることが好ましい。

【0054】この様な方法により、シリコンウエーハ両面で20~100 $\mu$ m程度ラッピングする。このようにラッピングを行うと、ウエーハの表面状態が安定し、加工歪が少なく、次に行われるエッチング工程において選択エッチングされずらくなるため、エッチング工程で用いるウエーハとして好適な面状態とすることができ。

【0055】次に、本発明のシリコンウエーハの製造方法におけるエッチング工程の具体的な方法について以下に説明する。本発明によるエッチング工程(図1の

(D'))では、上述したようにアルカリエッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上の高濃度のアルカリ水溶液を用いて、ラッピングしたシリコンウエーハを浸漬すること等によりエッチングが行われる。

【0056】このように、アルカリエッチング液中のアルカリ成分の濃度を高くして、シリコンウエーハを所定の時間浸漬等してエッチングを行うことにより、シリコンウエーハの平坦度を劣化させることなく加工歪を除去できるとともに、表面粗さを悪化させることもない。これは、アルカリエッチング液中のアルカリ成分の濃度が50重量%以上であれば、エッチングの際にエッチングスピードは急激に遅くなり、それによりアルカリエッチングの選択性の影響を少なくすることができるためである。これによって、均一なエッチングが可能となり、ウエーハの表面粗さの改善がはかれ、またピットサイズなども小さくすることができる。

【0057】しかしながら、一般に、アルカリ水溶液中のアルカリ成分が55.0重量%を越えるとエッチング槽中でのアルカリ成分の析出が起こることがある。本発明は、高濃度のアルカリ水溶液をアルカリ成分を析出させることなく、溶液の状態で維持する事が重要である。そのため、アルカリ水溶液の液温は80℃以上、特に80℃~300℃の範囲内に制御してエッチングを行うことが好ましく、それによって、アルカリ水溶液はアルカリ成分を析出させることなく高濃度の溶液の状態を維持したまま、エッチングを行なうことができる。このとき、アルカリ水溶液の濃度が高いほど高温にする必要があるが、取扱の容易性等を考慮し、アルカリ水溶液の温度は90℃以下にすることが好ましい。

【0058】また、アルカリ水溶液中のアルカリ成分の濃度は80重量%、90重量%と高めれば高いほど、発

生するピットの大きさが小さくなり好ましい。しかしながら、例えばアルカリ水溶液の液温を80℃~300℃の範囲内に制御したとしても、アルカリ水溶液のアルカリ成分の濃度が高過ぎると、アルカリ水溶液中の濃度のバラツキが大きくなったり、またアルカリ成分の結晶化が起こる等の問題が生じる可能性がある。したがって、アルカリ水溶液のアルカリ成分の濃度は、濃度のバラツキを管理しやすい70重量%以下にすることが好ましい。

【0059】現在、上記のようなアルカリ成分が高濃度のアルカリ水溶液は市販されていない。そのため、市販されている高純度アルカリ顆粒や低濃度のアルカリ水溶液を用い、それを予めエッチング槽で水分を蒸発させて高濃度に濃縮した後、アルカリエッチング液として用いることができる。

【0060】また、本発明のエッチング液に用いられるアルカリ成分は、シリコンをエッチングすることが可能であれば特に限定されるものではないが、エッチング能力の点で水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等のアルカリ金属の水酸化物物が好ましく、特に水酸化ナトリウムが好ましい。また、本発明においては、これらのアルカリ成分を単独で用いてもよく、また複数のアルカリ成分を混合して用いてもよい。例えば、水酸化ナトリウムと水酸化カリウムとを混合して用いてもよいし、水酸化ナトリウム単独で用いてもよい。

【0061】また、本発明のエッチング方法によりエッチング除去されるシリコンウエーハの除去厚(エッチング代)は、ラッピング工程以前の工程で受けた加工歪を除去できる最小限度の厚みであればよく、特に限定されるものではないが、除去する必要がある加工歪の侵入深さのばらつきを考慮すると、両面で15 $\mu$ m~40 $\mu$ mの範囲内となる。

【0062】このシリコンウエーハの除去厚は、主にシリコンウエーハをエッチング液に浸漬する時間を調整することにより制御される。また、逆にシリコンウエーハの浸漬時間は、上記エッチング代とエッチング液の濃度との関係で設定されるものであり、エッチング代が15 $\mu$ m~40 $\mu$ mの範囲内となる時間に設定されることが好ましい。通常は5分~60分程度である。

【0063】なお、シリコンウエーハをエッチング液に浸漬するに際し、均一にエッチングされるようにウエーハを揺動等したり、エッチング液に超音波等を印加したりする等の従来行われている方法を本発明において合わせて行うことは任意である。

【0064】以上のような本発明のシリコンウエーハの製造方法によって、表面粗さが大きく低減され、かつ良好な平坦度を有するシリコンウエーハを提供することができる。

【0065】以下に、本発明のシリコンウエーハについて図面を参照しながら詳細に説明する。本発明のシリコンウエーハは、両面にエッチング面を有しており、この

エッチング面のウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が $0.2\mu\text{m}$ 以下であることに特徴を有し、さらにエッチング面のウエーハ外周部においてハネの絶対値も $0.2\mu\text{m}$ 以下となるものである。

【0066】ここで、シリコンウエーハのハネ、ダレ、及びうねりについて、図面を参照しながら説明する。図8にシリコンウエーハWの形状の断面模式図を示し、図9にはシリコンウエーハWの一主表面（ウエーハ表面）における厚さ変位を模式的に表したグラフを示す。

【0067】図8に示すように、一般にウエーハWの外周端Wo近傍には、ウエーハのカケ等を防止するために上述の面取り加工により面取り部Wmが形成されている。通常、シリコンウエーハの形状を評価する場合は、この面取り部Wmは無視して評価されるものであり、測定対象外となっている。本発明では、面取り部を含むウエーハ外周端から1mm以内の領域を測定対象外として除いて評価を行うものとする。

【0068】シリコンウエーハのハネ及びダレを測定するために、先ず、例えば静電容量式のフラットネス測定器を用いて測定領域内のウエーハ全面のウエーハ厚さを測定し、そこからウエーハ面の厚さ変位を算出する。そして、求めたウエーハ面の厚さ変位のうち、ウエーハの中心側の領域におけるウエーハ面の厚さ変位からウエーハの基準面を算出する。すなわち、図9に示すようなウエーハ外周部より内側の広範囲な領域であるウエーハの中心側の領域内の厚さ変位から基準面Sを作成する。尚、図9において、Wcはウエーハ中心位置、Weは測定対象領域の最外周位置を示すウエーハエッジ部、Xはウエーハの中心側の領域とウエーハ外周部との境界線を示しており、本発明ではこのXの位置をウエーハ外周端Wo（図8参照）から30mmの位置とする。尚、通常この境界線Xの位置は、用いられるシリコンウエーハによって任意であるため、本発明はこれに限定されるものではない

【0069】基準面Sを作成した後、図9に示したように、求めた基準面Sをウエーハ外周部まで外挿して、基準面Sに対するウエーハ外周部形状の厚さの差を求める。そして、このときの基準面Sに対するウエーハ外周部形状の厚さの差の最大値をハネ（A）とし、最小値をダレ（B）として定義する。また、ウエーハの中心側の領域における厚さのバラツキ $\sigma$ をうねり（C）として定義する。

【0070】本発明のシリコンウエーハは、上述のように、ウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が $0.2\mu\text{m}$ 以下となるものであり、さらにハネの絶対値も $0.2\mu\text{m}$ 以下とすることができる。したがって、ウエーハ外周部まで高平坦度が維持された、デバイス作製可能な有効領域の広い高品質のシリコンウエーハとすることができる。

【0071】また、このような本発明のシリコンウエーハは、エッチング面のうねりの平均値が $0.04\mu\text{m}$ 以下を示すものであり、ウエーハ中心側の領域において非常に高平坦度のウエーハとなる。

【0072】さらに、シリコンウエーハの面方位が（100）のとき、アルカリエッチングを行うとそのエッチング面には四辺が結晶方位 $\langle 110 \rangle$ に沿った正方形の開口部をなすエッチピットが形成されるが、本発明のシリコンウエーハでは、このエッチピットのサイズの平均値が $7\mu\text{m}$ 以下、さらには $6\mu\text{m}$ 以下と小さいものとなる。また、エッチング面をわずかに研磨して使用する場合もあるが、例えば $0.5\mu\text{m}$ 程度の研磨代であれば、各エッチピットのサイズ自体は研磨前と同等もしくは幾分小さくなる方向にシフトし、部分的にはエッチピットが消滅する場合もある。一方、従来のシリコンウエーハでは、例えばアルカリエッチングと酸エッチングを組み合わせたエッチング方法を用いてエッチピットのサイズを小さくした場合でも、そのサイズの平均値は $7\mu\text{m}$ 程度であった。すなわち、本発明によれば、エッチピットのサイズを従来と同レベル、または従来よりもさらに小さくすることができる。したがって、本発明のシリコンウエーハは、エッチング面の平坦性が非常に優れたウエーハとなる。そのため、例えば、ウエーハのエッチング面をドライエッチング等を行う場合のチャック面として使用する場合、従来ではエッチピットのサイズが大きいためにウエーハをチャッキングする際にチャッキング不良が生じやすいという問題があったが、本発明のようなエッチピットのサイズが小さいエッチング面をチャック面として使用すれば、チャッキング不良を大幅に低減することができる。

【0073】また前述のように、シリコンウエーハが低抵抗率の場合、一般にエッチピットのサイズは小さくなりにくい。しかしながら、本発明によれば、シリコンウエーハがp型で $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の低抵抗率を示すものであっても、エッチング面に形成されるエッチピットのサイズの平均値を $8\mu\text{m}$ 以下、さらには $7\mu\text{m}$ 以下にすることができる。したがって、上記のチャッキング不良を低減する効果が得られるのはもちろんのこと、このような低抵抗率のシリコンウエーハは、エピタキシャル成長させた場合に、ゲタリング能力を有するエピタキシャルウエーハとすることができるため、本発明のシリコンウエーハをエピタキシャル成長用の高品質の基板として有益に用いることができる。

【0074】また本発明によれば、上記の両面にエッチング面を有するシリコンウエーハの少なくとも一方のエッチング面を鏡面研磨したシリコンウエーハが提供される。上述のような、エッチピットのサイズが小さく、ウエーハ外周部まで平坦なエッチング面を両面に有するシリコンウエーハの少なくとも一方の面を鏡面研磨して得られたシリコンウエーハであれば、平坦度及び表面粗さ

に優れており、さらにナノトポグラフィーのレベルが極めて高い鏡面研磨シリコンウエーハとなる。

【0075】尚、ここで言うナノトポグラフィー（ナノトポロジーとも言われる）は、波長が0.1mmから20mm程度で振幅が数nmから100nm程度の凹凸のことであり、その評価法としては、一辺が0.1mmから10mm程度の正方形、または、直径が0.1mmから10mm程度の円形のブロック範囲（この範囲はWINDOW SIZE等と呼ばれる）の領域で、ウエーハ表面のみの凹凸の高低差（P-V値；peak to valley）を評価する。このP-V値はNanotopography Height等と呼ばれる。ナノトポグラフィーとしては、評価したウエーハ面内に存在する凹凸の最大値が小さいことが望まれている。通常は、10mmの正方形で複数のブロック範囲を測定してそれらのP-V値の最大値で評価し、この最大値が60nm以下であれば良好とされ、その値が小さければ小さいほどより品質の優れたウエーハとして評価される。

【0076】さらに、このような本発明の鏡面研磨シリコンウエーハは、鏡面研磨面のウエーハ外周端から1m

以内の領域を除くウエーハ外周部において、ダレの絶対値が0.5μm以下となるものであり、さらにハネの絶対値も0.07μm以下となるものとすることができる。したがって、ウエーハ外周端近傍まで非常に高平坦度な鏡面研磨シリコンウエーハとなる。

【0077】そして、このような本発明の鏡面研磨シリコンウエーハを用いて、その鏡面研磨面側に絶縁膜とSOI層とが順次積層されたSOI構造を形成するようにウエーハを処理することによって、ウエーハ外周端近傍までデバイス作製が可能となる高品質のSOIウエーハとすることができる。

【0078】このとき、シリコンウエーハの鏡面研磨面側にSOI構造を形成する方法は特に限定されるものではなく、例えば従来行われている貼り合わせ法やSIMOX法等を用いてSOIウエーハを作製することができる。例えば、本発明のシリコンウエーハを用いて、貼り合わせ法の一つであるイオン注入剥離法（スマートカット（登録商標）法とも呼ばれる。特許第3048201号公報参照）によりSOIウエーハを作製することによって、ウエーハ同士を貼り合わせた際にウエーハ外周部において未結合となる未結合領域の幅を極めて小さくし、ウエーハ外周端近傍までSOI層を有する高品質のSOIウエーハとすることができる。

【0079】また、本発明の鏡面研磨シリコンウエーハにSIMOX法を用いることによって、SOIウエーハを作製しても良い。SIMOX（Separation by implanted oxygen）法は、鏡面研磨ウエーハの鏡面側から酸素イオンを注入して酸素イオン注入層を形成し、高温の熱処理によりその酸素イオン注入層をシリコン酸化膜（埋め込み酸化膜）に変化

させる方法である。このようなSIMOX法を用いて作製されたSOIウエーハは、SOI層表面が酸素イオン注入前の鏡面研磨ウエーハの鏡面研磨面における平坦性がほぼ維持される特徴がある。したがって、本発明の鏡面研磨シリコンウエーハを用いてSIMOX法により作製されたSOIウエーハであれば、SOI層表面がウエーハ中心側の領域だけではなく、外周端近傍まで高い平坦性を有するため、デバイス作製が可能な有効領域が広いSOIウエーハとすることができる。

【0080】また、本発明は、少なくとも一方の主表面にエッチング面を有するシリコンウエーハであって、そのシリコンウエーハの面方位が（100）であり、エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、このエッチピットのサイズの平均値が6μm以下であることに特徴を有するシリコンウエーハを提供することができる。

【0081】さらに本発明は、少なくとも一方の主表面にエッチング面を有し、導電率がp型で抵抗率が0.01Ω・cm以下であるシリコンウエーハであって、そのシリコンウエーハの面方位が（100）であり、エッチング面には、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形形状の開口部をなすエッチピットを有し、このエッチピットのサイズの平均値が7μm以下であることに特徴を有するシリコンウエーハも提供することができる。

【0082】このように、本発明のシリコンウエーハは、エッチング面に形成されるエッチピットのサイズが従来では得られなかった極めて小さいものとすることができる。したがって、このようなエッチピットの小さいエッチング面をドライエッチング等を行う場合のチャック面として使用すれば、従来問題視されていたチャッキング不良を大幅に低減することができる。さらに、このエッチング面を研磨することによってエッチピットを容易に除去できるため、ナノトポグラフィに優れた高品質のシリコンウエーハとすることができるし、研磨における研磨代を低減することができるため生産性を向上させることも可能である。

【0083】さらに、発明のシリコンウエーハは、抵抗率が0.01Ω・cm以下と低くても、エッチピットのサイズの平均値が7μm以下と小さいため、高品質のエピタキシャル用基板として有効に用いることができる。

【0084】また、本発明のシリコンウエーハは、エッチング面のうねりの平均値が0.04μm以下を示すものであり、ウエーハ中心側の領域においても非常に高平坦度のウエーハとなる。

【0085】そして、このような本発明のシリコンウエーハは、エッチング面の反対側の主表面が鏡面研磨面であるものとすることができ、このシリコンウエーハの鏡面研磨面側に、貼り合わせ法やSIMOX法等により絶縁膜とSOI層とが順次積層されたSOI構造を形成することによって、容易にSOIウエーハとすることがで

きる。このようなSOIウエーハであれば、エッチング面のエッチピットのサイズが上記のように非常に小さいものとなるため、チャッキング不良を大幅に低減することができる非常に高品質のSOIウエーハとなる。

#### 【0086】

【実施例】以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1～3及び比較例1～5) まず、直径200mm(8インチ)、抵抗率が約8～10Ω・cmのp型単結晶インゴットをチョクラスキー法により作製した。得られたインゴットを、図1に示したフローに従い、ワイヤーソーで切断し、周辺部を面取り加工したシリコンウエーハを用意した。

【0087】次にラッピング工程において、上記用意したシリコンウエーハにラッピングを施した。このラッピングでは、図5に示したラッピング装置を用いた。また、遊離砥粒として株式会社フジミインコーポレーテッド製の研磨材であるFO砥粒#1500とFO砥粒#1200の2種類のFO砥粒を用い、ノズルから1.5l/minで供給しながらラッピングを行った。ラッピング取り代はおおよそシリコンウエーハ両面で70μmであった。このような加工を施して、2種類のラップドウエー

ーハを得た。

【0088】次に、水酸化ナトリウム試薬鹿1級、関東化学製顆粒を用い、濃度50.0、55.0及び58.6重量%の3水準の水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ調製して、アルカリエッチング液とした。これらの濃度の異なる水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれエッチング槽に満たし、加熱して80℃に昇温した。昇温後、80℃に保ったエッチング槽に、上記ラッピングを施した2種類のラップドウエーハを浸漬させてエッチングを行い、製造条件の異なる6種類のウエーハを作製した。この時の各ウエーハのエッチング代はウエーハ両面で20μmであった。また、比較のために、FO砥粒#1200と#1500を遊離砥粒として用いてラッピングを行い、その後、アルカリ濃度が48.0重量%のアルカリ水溶液によりエッチングを行ったウエーハを作製した。

【0089】作製した各ウエーハについて、触針式の表面粗さ測定装置であるSURFCOM(商品名、東京精密社製)を用いて、ウエーハの表面粗さを測定した。以下の表1に各ウエーハの製造条件と表面粗さの結果を示す。

#### 【0090】

【表1】

	遊離砥粒	アルカリ濃度(重量%)	表面粗さ(μm)
実施例1	FO#1500	50.0	0.20
実施例2	FO#1500	55.0	0.19
実施例3	FO#1500	58.6	0.20
比較例1	FO#1200	50.0	0.26
比較例2	FO#1200	55.0	0.25
比較例3	FO#1200	58.6	0.26
比較例4	FO#1200	48.0	0.30
比較例5	FO#1500	48.0	0.28

【0091】この結果からわかるように、アルカリ濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行ったことにより、0.26μm以下の表面粗さのシリコンウエーハを得ることができた。さらに、遊離砥粒の粒度の違いによる表面粗さの違いを比較してみると、FO砥粒#1500を用いてラッピングを行ったことにより、エッチング後の表面粗さを0.20μm以下に抑えることができた。これは、アルカリエッチングと酸エッチングを組み合わせることでエッチングを行った場合の表面粗さと同レベル以上の値である。

【0092】次に、エッチング後の実施例1～3及び比較例1～3の各シリコンウエーハ表面に発生したピットの大きさを観察した。その結果を図2の(a)～(f)に示す。これらは光学顕微鏡によりウエーハ表面の状態を観察した観察図であるが、いずれのウエーハにも四辺が<110>に沿った略正方形の開口部をなす四角形のピットが観察された。このピットは、一般に浅くまた小さくなる程、ポリッシング工程において除去することが容易となるため好ましい。実施例及び比較例の各ウエー

ーハを比較すると、実施例の方がピットが浅く、またアルカリ濃度が濃くなるほどピットの大きさは小さくなっている事がわかる。

【0093】次に、FO砥粒#1500でラッピングを行い、アルカリ濃度が55.0重量%のアルカリ水溶液によりエッチングを行ったシリコンウエーハ(実施例2)に、ポリッシング加工を行なった。ポリッシング工程に用いる装置及び研磨条件は特に限定するものではないが、例えば図6に示した研磨装置10を用いることによって行うことができる。まず、加工面を下方に向けてウエーハ13を回転軸を持つ研磨ヘッド11に保持し、研磨布12を貼着した定盤14(研磨定盤)にウエーハを押圧する。次いで、研磨布上に研磨剤を供給しつつ、ウエーハ13と定盤14を回転させてウエーハを定盤上で摺動させることにより、ウエーハが研磨される。

【0094】研磨は複数段実施されるのが一般的である。研磨代及びウエーハ外周ダレなどの平坦度の面では、初めの研磨(1次研磨)でほぼ決まる。通常、極微細な凹凸(表面粗さやヘイズ)の改善のため、研磨布の

硬さや供給する研磨剤を代え研磨が繰り返される(いわゆる2次研磨、仕上げ研磨)。エッチング工程後のシリコンウエーハの表面粗さが小さければ1次研磨での研磨代を少なくすることができ、それによってウエーハ外周部のダレを防止でき、より高平坦度なウエーハを製造する事ができる。

【0095】今回のポリッシング工程においては、1次研磨に用いる砥粒として、コロイダルシリカを含有したアルカリ溶液(pH=10.5程度)を研磨剤として使用した。

【0096】実施例2のシリコンウエーハに研磨工程を行った結果、約10 $\mu$ mの研磨代で鏡面ウエーハが得られた。この研磨代の値は、従来のシリコンウエーハの製造方法による研磨工程の研磨代(約12 $\mu$ m)に比べて少なく、本発明により研磨代が低減できた事がわかる。次に、得られた鏡面ウエーハのGBIR(Global Back Ideal Range)値を複数枚測定し、その平均のGBIR値を求めてウエーハの平坦度を評価した。

【0097】GBIRは、一般にウエーハ面内に1つの基準面を持ち、この基準面に対する最大、最小の位置変位の幅と定義され、従来からの慣例の仕様であるTTV(全厚さ偏差)に相当する値である。今回の平坦度の測定には、ADE社製の静電容量型フラットネス測定器、ウルトラゲージ9900を用い、ウエーハ周辺2mmを除外した条件で測定を行った。

【0098】その結果、得られた鏡面ウエーハの平均のGBIR値は、0.7 $\mu$ m程度であり、極めて高平坦度なウエーハであった。また、本発明により得られたシリコンウエーハの鳥瞰図を図3に示す。

【0099】(比較例6)上述の面取り工程まで施したシリコンウエーハを用意し、このウエーハにF0砥粒#1500でラッピングを行い、エッチング後の表面粗さが非常に良好であるアルカリエッチングと酸エッチングを組み合わせたエッチング方法によるエッチングを行なった後、上記実施例2で行ったポリッシング工程と同様の工程をウエーハに施し、得られたウエーハの平坦度を測定した。その際、エッチングは、48重量%の水酸化ナトリウム水溶液によるアルカリエッチングを20 $\mu$ m及びフッ酸、硝酸、酢酸の混酸による酸エッチングを10 $\mu$ m行なった。その結果、ウエーハの研磨後の平坦度は平均のGBIR値で1.40 $\mu$ m程度であった。得られたウエーハの鳥瞰図を図4に示す。

【0100】以上のように本発明によれば、砥粒の粒子の最大径が21 $\mu$ m以下で平均粒径が8.5 $\mu$ m以下のものを用いてラッピングを行い、かつアルカリ成分の濃度が50重量%以上の高濃度のアルカリ水溶液を用いてエッチングを行うことにより、従来行われている表面粗さの小さいアルカリエッチングと酸エッチングを組み合わせたエッチングと比較して同等以上の表面粗さのもの

を、きわめて高平坦度で得ることができた。すなわち、本発明によれば、複数のエッチング工程を行なう事なく、簡便な方法で、表面粗さが低減され良好な平坦度を有するシリコンウエーハを作製することができる。

【0101】(実施例4及び比較例7、8)直径200mm、p型で抵抗率が約10 $\Omega$ ・cmのシリコン単結晶インゴットをチョクラスキー法により作製した後、上記の実施例2と同一の加工条件(遊離砥粒がF0#1500、NaOH濃度が55.0重量%)でシリコンウエーハを作製した(実施例4)。その後、このシリコンウエーハについて、その表面形状特性を表すウエーハのハネ、ダレ、うねりの3つのパラメータを測定した。その測定結果を図10に示す。ここで、ウエーハのハネ、ダレ、うねりの具体的な測定方法について説明する。

【0102】まず、ウエーハのハネ及びダレを測定するために、測定対象である直径200mmのシリコンウエーハを、静電容量式のフラットネス測定器(ADE社製ウルトラゲージ9900)により0.95mmの間隔で評価領域となるウエーハ面(面取り部を含むウエーハ外周端から1mm以内の領域を除く)のウエーハ厚さを測定し、測定されたウエーハ厚さを順次記憶する。この記憶されたウエーハ厚さより、図9に示すようなウエーハ中心位置Wcからウエーハエッジ部Weまで(ウエーハ中心側の領域及びウエーハ外周部)の厚さ変位を読み込み、読み込まれた厚さ変位のうち、ウエーハ中心位置Wcから境界線Xまで(ウエーハ中心位置～半径70mmの位置)の厚さ変位を用いて、最小二乗法で基準面を算出する。次いで、ウエーハ外周部において、基準面(仮想的な厚さ)に対するウエーハ外周部形状の厚さの差を解析し、その最大値及び最小値の絶対値を算出する。そして、このような最大値及び最小値の絶対値の算出をシリコンウエーハの中心から放射状に400本行い、得られた最大値の平均値をハネとし、最小値の平均値をダレとして測定した。

【0103】また一方、ウエーハのうねりを測定するために、(株)小坂研究所製万能表面形状測定器(SE-3F型)を用いて、シリコンウエーハ表面の中心側の領域(ウエーハ中心位置～半径70mmの位置)を触針によりなぞり、細かい表面粗さ成分を除いた形状成分のみを測定する。このとき、図18に示すように、測定開始地点となるウエーハ中心位置における厚さの変位と測定終了地点となる半径70mmの位置における厚さの変位とが同じ高さとなるように一致させて原点とし、2mm間隔で原点からの厚さの変位量の絶対値Y1からY34を測定し、その平均値Yをうねりの平均値として算出した。

【0104】比較例7として、実施例4と同条件でシリコン単結晶インゴットを作製した後、ラッピングをF0#1200の遊離砥粒を用いて行い、次にエッチングを、先ず50.0重量%の水酸化ナトリウム水溶液を用

いて両面で4 $\mu$ mの取り代で行ない、続いて50重量%フッ酸：70重量%硝酸：99重量%酢酸＝1：2：1（容量比）から成る混酸により、両面で20 $\mu$ mの取り代で行なった。それ以外の加工条件については実施例4と同条件でシリコンウエーハを作製した。その後、このシリコンウエーハについて、その表面形状特性を表すウエーハのハネ、ダレ、うねりの3つのパラメータを上記に示した方法で測定した。その測定結果を図10に示す。

【0105】比較例8として、実施例4と同条件でシリコン単結晶インゴットを作製した後、ラッピングをF0#1200の遊離砥粒を用いて行い、次にエッチングを、先ず50.0重量%の水酸化ナトリウム水溶液を用いて両面で20 $\mu$ mの取り代で行ない、続いて50重量%フッ酸：70重量%硝酸：99重量%酢酸＝1：2：1（容量比）から成る混酸により、両面で10 $\mu$ mの取り代で行なった。それ以外の加工条件については実施例4と同条件でシリコンウエーハを作製した。その後、このシリコンウエーハについて、その表面形状特性を表すウエーハのハネ、ダレ、うねりの3つのパラメータを上記に示した方法で測定した。その測定結果を図10に示す。

【0106】図10に示したように、本発明のシリコンウエーハ（実施例4）は、ウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部においてハネ及びダレの絶対値（左縦軸）が共に0.2 $\mu$ m以下の低い値を示し、ウエーハ外周端近傍まで極めて平坦なシリコンウエーハであることが分かった。また、うねりの平均値（右縦軸）は0.025 $\mu$ mを示し、ウエーハ中心側の領域においても優れた平坦性を有していることが確認できた。

【0107】それに対して、比較例7及び8のシリコンウエーハでは、ウエーハのダレの絶対値がそれぞれ0.89 $\mu$ m、0.44 $\mu$ mと0.2 $\mu$ mを大きく上回る値を示し、ウエーハ外周部において平坦性が低下していることがわかった。また、比較例7及び8のウエーハのう

ねりの平均値は、共に0.04 $\mu$ mを超える値を示し、本発明のシリコンウエーハに比べてウエーハ中心側の領域における平坦性も低かった。また、これら3種類のウエーハのエッチング面を研磨代0.5 $\mu$ m以下でわずかに研磨した後に、再度、ダレ、ハネ、うねりの測定を行ったところ、図10とほぼ同等の結果となった。

【0108】（実施例5～13及び比較例9、10）CZ法により直径200mm、結晶方位<100>で、抵抗率がそれぞれ約10 $\Omega$ ・cm、0.012 $\Omega$ ・cm、0.007 $\Omega$ ・cmの3本のp型シリコン単結晶インゴットを作製した。次にそれぞれの抵抗率を有するシリコン単結晶インゴットから、上記実施例1～3と同一の加工条件でシリコンウエーハを作製し、9種類のウエーハを得た（実施例5～13）。

【0109】その後、各シリコンウエーハのエッチング面である（100）面に形成されている、四辺が結晶方位<110>に沿った正方形の開口部をなすエッチピットのサイズを測定し、その平均値を求めた。このとき、エッチピットのサイズの測定は、シリコンウエーハをノッチを手前にした状態で保持し、ウエーハ中心付近において<110>方向に引いた直線上にあるエッチピットの線方向の長さを光学顕微鏡（倍率1000倍）を用いて観察することによって行った。各シリコンウエーハのエッチピットのサイズの測定結果を下記の表2及び図11に示す。

【0110】また、比較例9として上記比較例8と同じ条件でシリコンウエーハを作製し、そのエッチング面に形成されたエッチピットのサイズを上記の測定方法により測定した。さらに、比較例10として、抵抗率を約0.007 $\Omega$ ・cmとする以外は比較例9と同条件でシリコンウエーハを作製し、そのエッチング面に形成されたエッチピットのサイズを測定した。これらの比較例9及び10の測定結果も表2及び図11に合わせて示す。

【0111】

【表2】

試料	抵抗率 ( $\Omega$ ・cm)	NaOH濃度 (wt%)	ピットサイズ		
			平均値( $\mu$ m)	標準偏差( $\mu$ m)	測定数:n(個)
実施例5	10	50	6.7	1.92	20
実施例6		55	5.8	1.94	20
実施例7		58.6	4.8	1.84	20
実施例8	0.012	50	7.6	2.63	20
実施例9		55	6.0	1.83	20
実施例10		58.6	4.9	2.00	20
実施例11	0.007	50	11.3	5.87	13
実施例12		55	6.7	2.96	20
実施例13		58.6	6.1	2.32	20
比較例9	10	50	6.5	2.23	15
比較例10	0.007	50	11	5.8	13

【0112】図11に示したように、本発明のシリコンウエーハは、従来のアルカリエッチングと酸エッチング

を組み合わせてエッチングした同じ抵抗率を有するウエーハ（比較例9、10）と比べても、エッチピットのサ

イズを同レベル、またはそれよりも小さくすることができた。

【0113】また、実施例5～7及び実施例8～10をそれぞれ比較すると、エッチングの際のアルカリ濃度を高くするほど、エッチピットのサイズを小さくできることが確認でき、アルカリ濃度をより高くすることによって、エッチピットのサイズの平均値を7 $\mu$ m以下に、さらには実施例6、7、9、10に示すように6 $\mu$ m以下にすることができた。このような平均値が6 $\mu$ m以下となるエッチピットのサイズは、従来では得られなかった極めて小さい値である。

【0114】また、シリコンウエーハの抵抗率が低くなるにつれエッチピットサイズが大きくなる傾向があるものの、本発明によれば抵抗率が0.01 $\Omega$ ・cm以下となる実施例11～13の低抵抗率のウエーハでも、アルカリ濃度をより高くすることによってエッチピットのサイズを小さくできる。例えば実施例12及び13に示すように、本発明によればエッチピットのサイズの平均値を7 $\mu$ m以下にすることができる。この平均値が7 $\mu$ m以下となるエッチピットのサイズは、従来の0.01 $\Omega$ ・cm以下の低抵抗率を有するシリコンウエーハでは得られなかった極めて小さい値である。

【0115】次に、実施例6と比較例9のシリコンウエーハについて、ナノトポグラフィーの評価を行った。まず、それぞれのシリコンウエーハの一方のエッチング面に図6に示した研磨装置を用いて鏡面研磨を行った。その後、それぞれのウエーハの鏡面研磨面のナノトポグラフィーを、ADE社製のCR-83SQMを用いて、WINDOWSIZEが0.5mm $\times$ 0.5mm及び10mm $\times$ 10mmとなる2種類の領域で測定を行った。今回行ったナノトポグラフィーの測定では、1測定単位(1ピクセル)が0.2mm $\times$ 0.2mmであるので、WINDOWSIZEが0.5mm $\times$ 0.5mmの場合、縦横それぞれ3ピクセルずつの9ピクセルを測定し、その9ピクセル中の最大値-最小値(P-V値)をセンターピクセルの値とする。次に、1ピクセル分ずつ移動させて同様な計算を繰り返していく。そして、これをウエーハ全面に対して行った後、各センターピクセルの値を集計し、横軸のP-V値以上となるエリアの割合をプロットしてグラフを作成し、ナノトポグラフィーの評価を行った。

【0116】また、WINDOWSIZEが10mm $\times$ 10mmの場合は、1WINDOW内のピクセル数が50 $\times$ 50で2500ピクセルとなり、センターピクセルの値が2500ピクセル中の最大値-最小値(P-V値)となる以外は、上記のWINDOWSIZEが0.5mm $\times$ 0.5mmの場合と同様にして測定を行った。実施例6と比較例9のウエーハのナノトポグラフィーを測定した結果を、WINDOWSIZEが0.5mm $\times$ 0.5mmの場合については図12に、また10

mm $\times$ 10mmの場合については図13に示す。

【0117】図12及び図13に示したように、実施例6のシリコンウエーハは、どちらのWINDOW SIZEの測定結果においても比較例9のウエーハよりも小さいP-V値を示しており、優れたナノトポグラフィーが得られていることがわかる。

【0118】(実施例14及び比較例11)実施例14として、上記の実施例6と同様のシリコンウエーハを複数枚用意した。すなわち、まず、CZ法により直径200mm、結晶方位<100>で、抵抗率が約10 $\Omega$ ・cmのp型シリコン単結晶インゴットを作製し、得られたシリコン単結晶インゴットにスライス工程と面取り工程を行った後、FO砥粒#1500によるラッピング(取り代70 $\mu$ m)、アルカリ濃度5.0重量%の水酸化ナトリウムによるエッチング(エッチング代20 $\mu$ m)を順次行って、シリコンウエーハを作製した。

【0119】一方、比較例11として、上記の比較例8と同様のシリコンウエーハを複数枚用意した。すなわち、ラッピングをFO#1200の遊離砥粒を用いて行い、エッチングをまず50.0重量%の水酸化ナトリウム水溶液を用いて両面で20 $\mu$ mの取り代で行ない、続いて50重量%フッ酸：70重量%硝酸：99重量%酢酸＝1：2：1(容量比)から成る混酸により、両面で10 $\mu$ mの取り代で行なった。それ以外の加工条件については実施例14と同条件のものとした。

【0120】続いて、得られた実施例14及び比較例11のシリコンウエーハをそれぞれ同一条件で鏡面研磨した後、それぞれ6枚ずつ任意に抜き取り、ウエーハの鏡面研磨面におけるハネ及びダレを測定した。ハネ及びダレの測定は、上記に示した測定方法により、ウエーハ外周端から1mm以内の領域を除くウエーハ外周部で行った。図14にダレの大きさを測定した結果を示し、図15にハネの大きさを測定した結果を示す。

【0121】図14からわかるように、本発明の鏡面研磨したシリコンウエーハは、いずれもダレの絶対値が0.5 $\mu$ m以下であるのに対し、比較例11のウエーハはいずれもダレの絶対値が0.5 $\mu$ mを超えていた。また、ハネについては、本発明のシリコンウエーハはいずれもハネの絶対値が0.07 $\mu$ m以下を示し、従来のウエーハと同等レベルまたはそれよりも小さい値を示した。したがって、本発明の鏡面研磨シリコンウエーハは従来のウエーハに比べてウエーハ外周部での平坦性が向上していることがわかった。

【0122】またこのとき、実施例14のシリコンウエーハについて、鏡面研磨面とは反対側の主表面となるエッチング面のエッチピットのサイズ及びうねりの平均値を測定した。その結果、エッチピットのサイズの平均値は、何れも実施例6と同じ5.8 $\mu$ m程度であり、またうねりの平均値も0.04 $\mu$ m以下であることが確認された。

【0123】（実施例15及び比較例12）実施例14と同条件で作製した鏡面研磨シリコンウエーハを用いて、イオン注入剥離法によって貼り合わせSOIウエーハを作製し（実施例15）、そのSOIウエーハの外周部での未結合領域の幅Uを測定した。以下に、SOIウエーハの作製方法を図16を参照しながら説明する。

【0124】先ず、本発明の鏡面研磨シリコンウエーハを64枚用意し、そのうちの32枚をベースウエーハ21とし、残りの32枚をボンドウエーハ22とした。ここで、ボンドウエーハ22は、酸性雰囲気中で熱処理することによりウエーハ全面に約150nmの酸化膜23を形成し、その後、鏡面研磨面側に形成した酸化膜を通して、水素イオンを加速電圧56keV、ドーズ量 $5.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の条件でイオン注入し、水素高濃度層（イオン注入層）24を形成した。

【0125】次に、ベースウエーハ21の鏡面研磨面と水素高濃度層24を形成したボンドウエーハ22の鏡面研磨面とを酸化膜23を介して室温で密着させ、その後、500℃、30分の熱処理（剥離熱処理）を行って水素高濃度層を剥離し、SOIウエーハ26（実施例15）と残存ウエーハ25とを得た。

【0126】このようにして作製した32枚の貼り合わせSOIウエーハ26について、ウエーハ外周部で未結合となっている未結合領域の径方向における幅Uを測定した。その測定結果を、図17に、横軸を各サンプルにおける未結合領域の幅U、縦軸を頻度（サンプル枚数）で表したヒストグラムで示す。

【0127】また、比較のため、比較例11と同条件で作製した鏡面研磨シリコンウエーハを用いて、イオン注入剥離法によって貼り合わせSOIウエーハを作製して（比較例12）、そのSOIウエーハの外周部での未結合領域の幅Uを測定した。その測定結果も図17に併記した。

【0128】図17から明らかなように、実施例15の貼り合わせSOIウエーハは、比較例12のSOIウエーハに比べて未結合領域の幅Uが非常に低減しており、ウエーハ外周端近傍までSOI層を有する高品質のSOIウエーハとすることができた。

【0129】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0130】例えば、本実施例、比較例ではエッチング液の液温を80℃で実施したが、溶液の安定性を考慮すれば（アルカリ成分の析出などが生じないようにするには）、80℃より高温にすると良い。例えば85℃や90℃にする。またエッチング液の濃度が高くなれば、更に液温を高くして処理するようにする。このようにし

ても上記実施例と同様またはそれ以上に、表面粗さが低減された良好な平坦度を有するウエーハを容易に製造することができる。

【0131】また、上記実施例では、水素イオン注入剥離法によってSOIウエーハを作製する場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、本発明のシリコンウエーハを貼り合わせた後にボンドウエーハを研削やエッチング等により薄膜化する貼り合わせ法を用いてSOIウエーハを作製しても良く、またSIMOX法によりSOIウエーハを作製することも可能であることは言うまでもない。

【0132】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、遊離砥粒によるラッピング工程及びエッチング液によるエッチング工程を有するシリコンウエーハの製造方法において、前記遊離砥粒として砥粒の粒子の最大径が21μm以下で平均粒径が8.5μm以下のもの、前記エッチング液としてアルカリ成分の濃度が50重量%以上のアルカリ水溶液を用いるシリコンウエーハの製造方法が提供される。それによって、例えば表面粗さを大きく低減され、また良好な平坦度を有するシリコンウエーハを作製することができる。さらには、次工程の研磨工程における研磨時間の短縮および研磨布や研磨剤の使用量減少が可能となることから、生産性の向上やコストダウンを達成することができる。また、本発明のシリコンウエーハ及びSOIウエーハは、ウエーハ外周端近傍までデバイス作製可能な有効領域を有する高品質のウエーハとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシリコンウエーハの製造方法について示したフロー図である。

【図2】エッチング後のシリコンウエーハ表面のピットを顕微鏡により観察した観察図である。

【図3】本発明のシリコンウエーハの製造方法で作製されたシリコンウエーハの鳥瞰図である。

【図4】エッチング工程がアルカリエッチングと酸エッチングを組み合わせたエッチング方法で行われるシリコンウエーハの製造方法で作製されたシリコンウエーハの鳥瞰図である。

【図5】ラッピング工程を行う際に用いられるラッピング装置の一例を示した概略説明図である。

【図6】ポリッシング工程を行う際に用いられる研磨装置の一例を示した概略説明図である。

【図7】従来のシリコンウエーハの製造方法について示したフロー図である。

【図8】シリコンウエーハの形状を模式的に示した断面模式図である。

【図9】シリコンウエーハの厚さ変位とウエーハのハネ、ダレ、うねりとの関係を説明するグラフである。

【図10】実施例4及び比較例7、8のシリコンウエー

ハにおけるハネ、ダレ、うねりを測定した結果を示すグラフである。

【図11】実施例5～13及び比較例9、10のシリコンウエーハのエッチピットのサイズを測定した結果を示すグラフである。

【図12】実施例6及び比較例9のシリコンウエーハにおけるナノトポグラフィーを、WINDOW SIZEが0.5mm×0.5mmの領域で測定した結果を示すグラフである。

【図13】実施例6及び比較例9のシリコンウエーハにおけるナノトポグラフィーを、WINDOW SIZEが10mm×10mmの領域で測定した結果を示すグラフである。

【図14】実施例14及び比較例11のシリコンウエーハにおけるダレの大きさを測定した結果を示すグラフである。

【図15】実施例14及び比較例11のシリコンウエーハにおけるハネの大きさを測定した結果を示すグラフで

ある。

【図16】イオン注入剥離法によりSOIウエーハを製作する際のフローを示した図である。

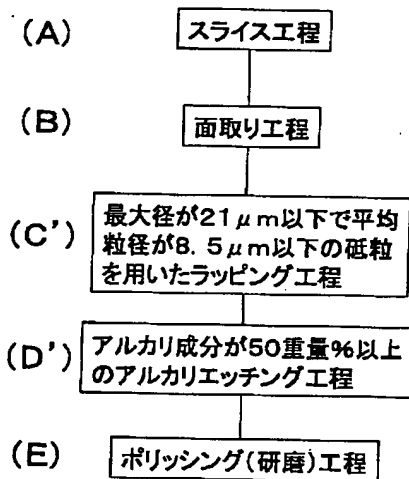
【図17】実施例15及び比較例12のSOIウエーハにおける未結合領域の幅を測定した結果を示すグラフである。

【図18】ウエーハのうねりを測定する方法を説明する説明図である。

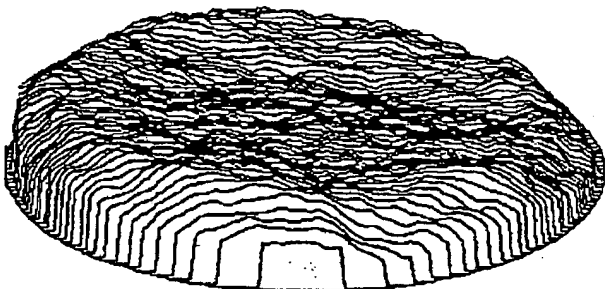
【符号の説明】

1…ラッピング装置、2…キャリア、3…ウエーハ、4…上定盤、5…下定盤、6…ノズル、7…遊離砥粒、8…サンギア、9…インターナルギア、10…研磨装置、11…研磨ヘッド、12…研磨布、13…ウエーハ、14…定盤、21…ベースウエーハ、22…ボンドウエーハ、23…酸化膜、24…水素高濃度層（イオン注入層）、25…残存ウエーハ、26…SOIウエーハ、W…シリコンウエーハ、Wo…外周端、Wm…面取り部、S…基準面。

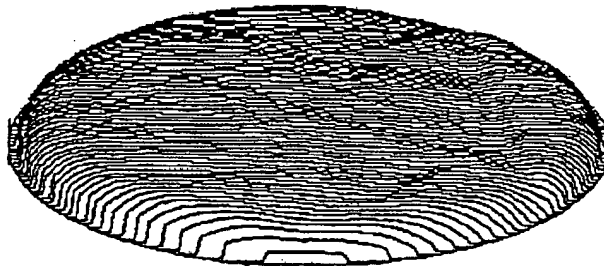
【図1】



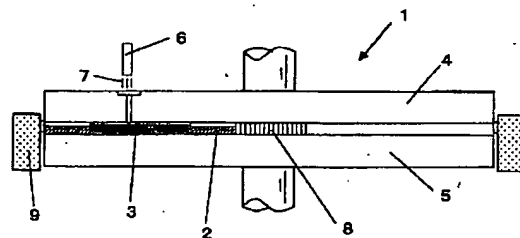
【図4】



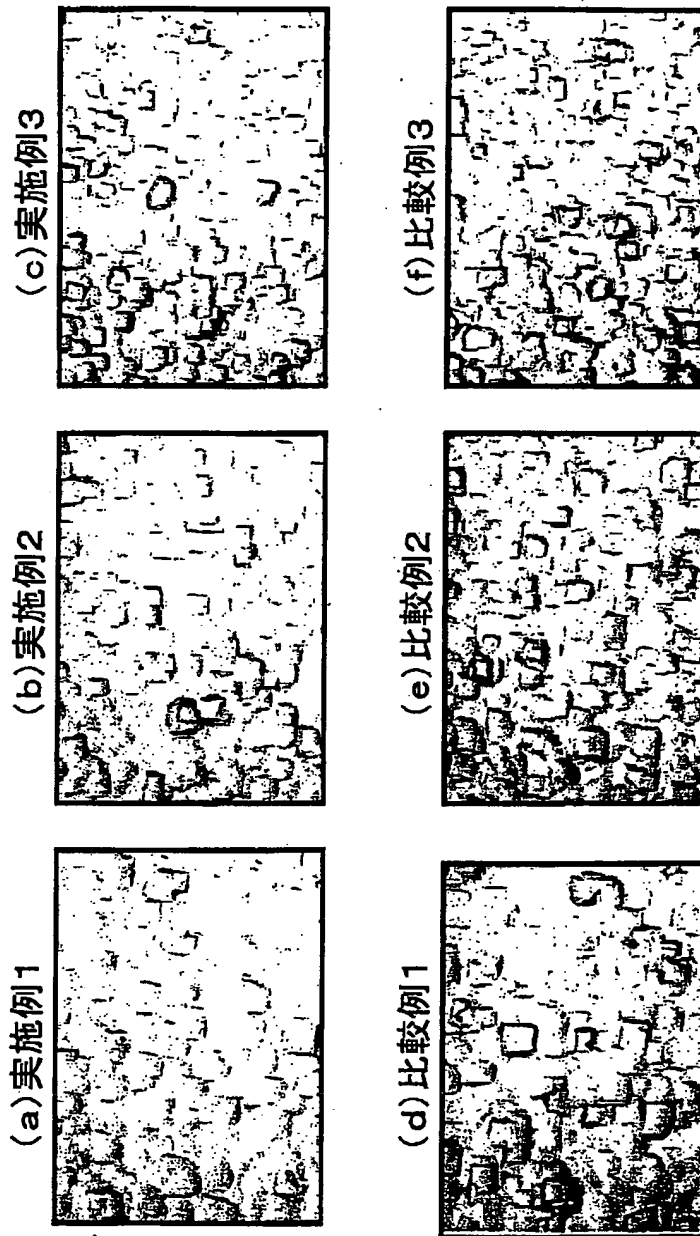
【図3】



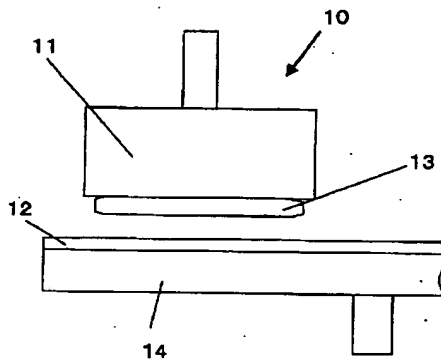
【図5】



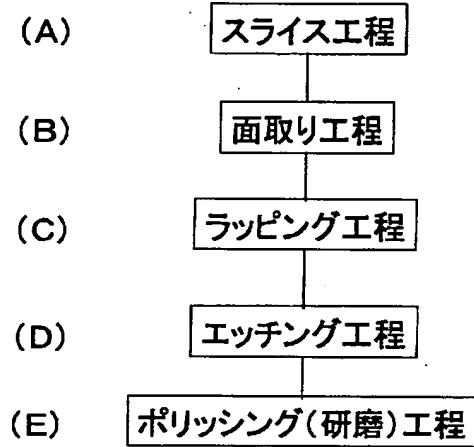
【図2】



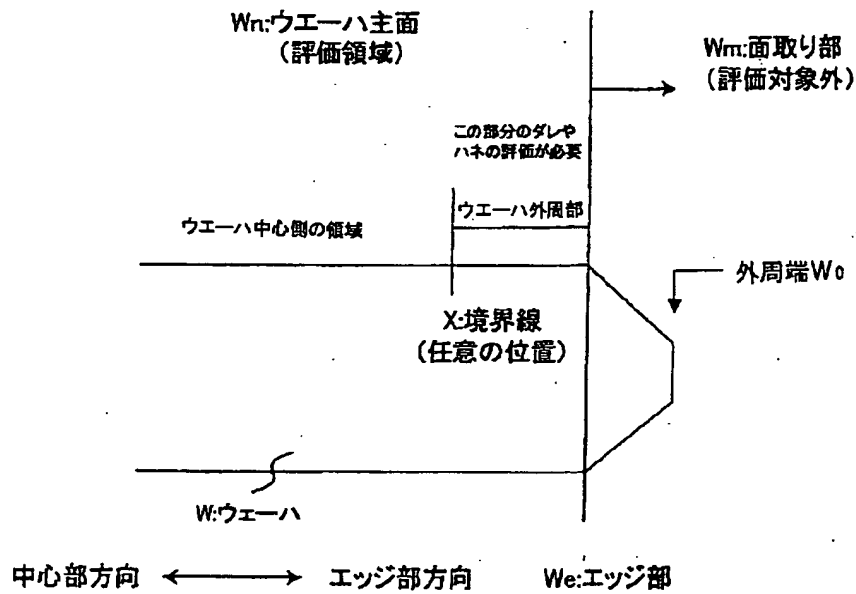
【図6】



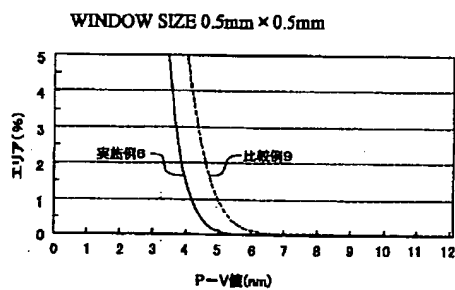
【図7】



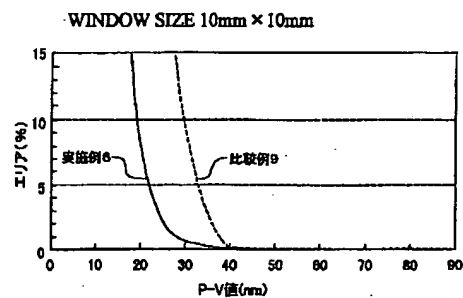
【図8】



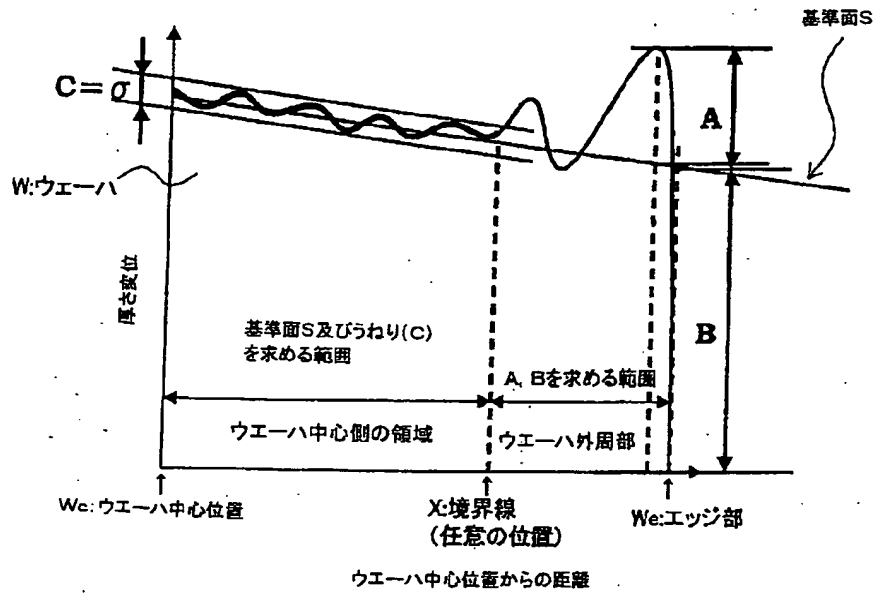
【図12】



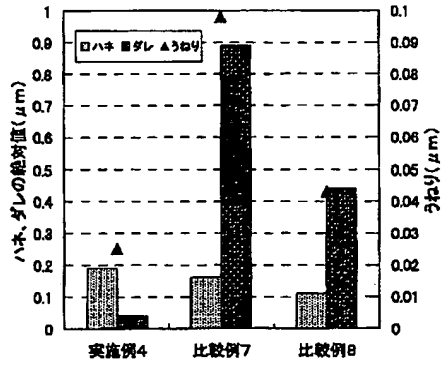
【図13】



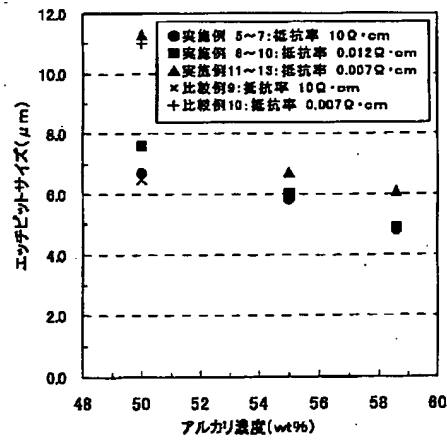
【図9】



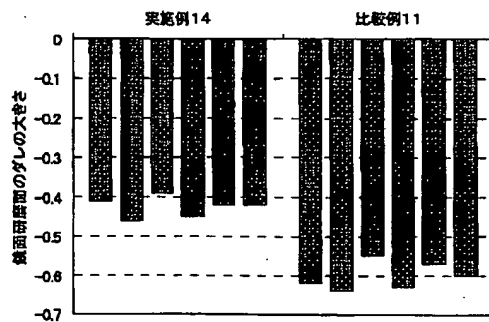
【図10】



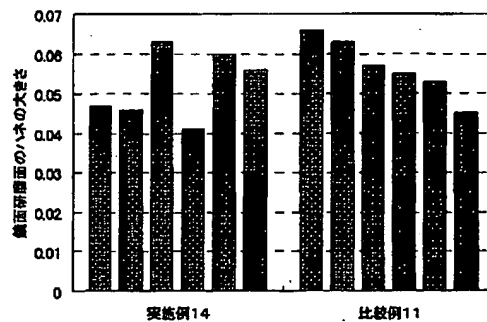
【図11】



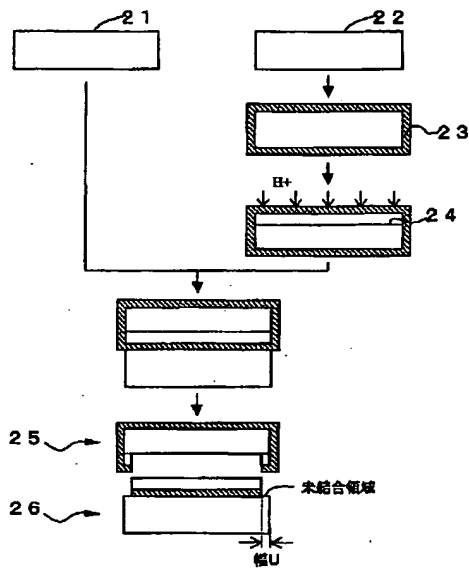
【図14】



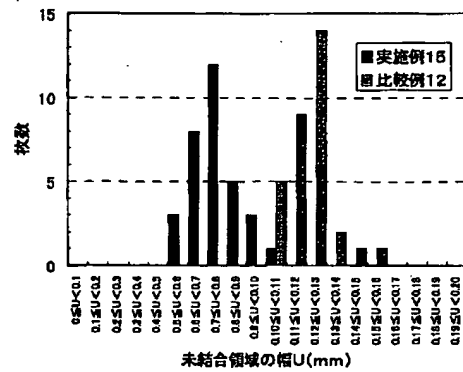
【図15】



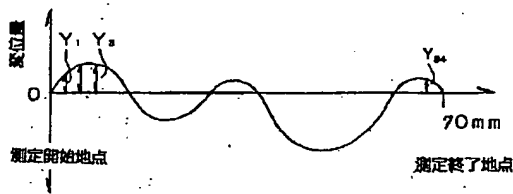
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 27/12

識別記号

F I

H01L 21/76

テ-マ-ド (参考)

D

(72)発明者 二本松 孝

長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子  
工業株式会社内

(72)発明者 宮崎 誠一

長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子  
工業株式会社内

(72)発明者 吉田 正彦

長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子  
工業株式会社内

Fターム(参考) 5F032 AA06 AA07 AA91 DA21 DA33

DA53 DA60 DA71 DA74

5F043 AA02 BB02 FF07 GG10